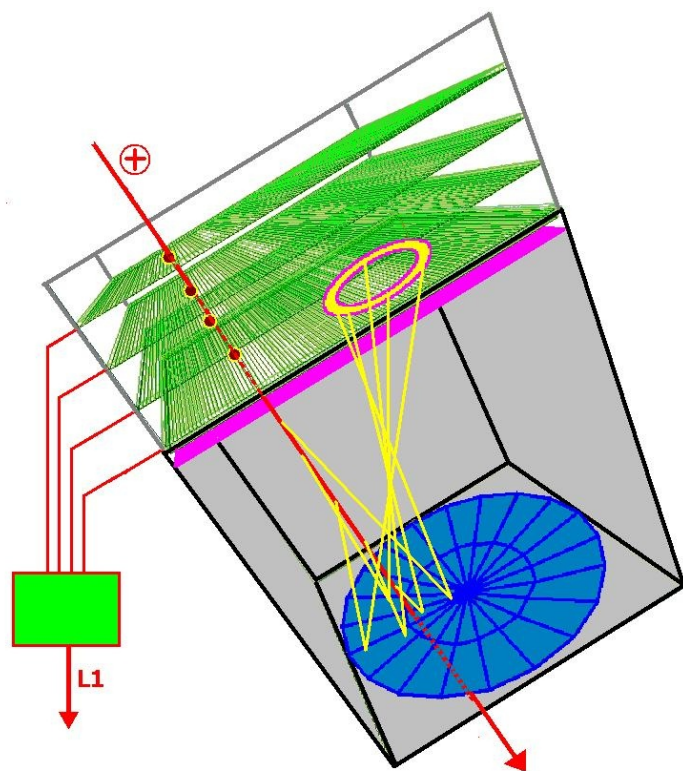


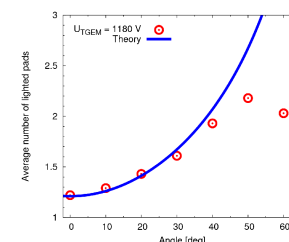


Vastag GEM alapú trigger detektor fejlesztése az LHC ALICE kísérlethez

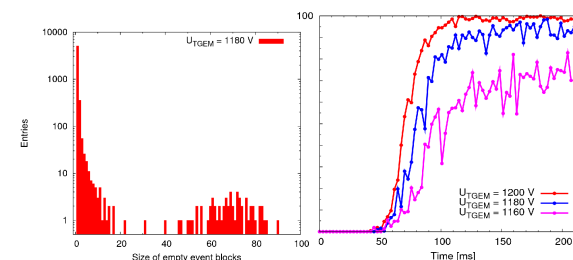


Hamar Gergő
(MTA RMKI)

az **RMKI-ELTE Gázdetektor R&D** csoport
és az **ALICE Budapest** csoport nevében



Magfizikus találkozó, Jávorkút, 2009.09.03.

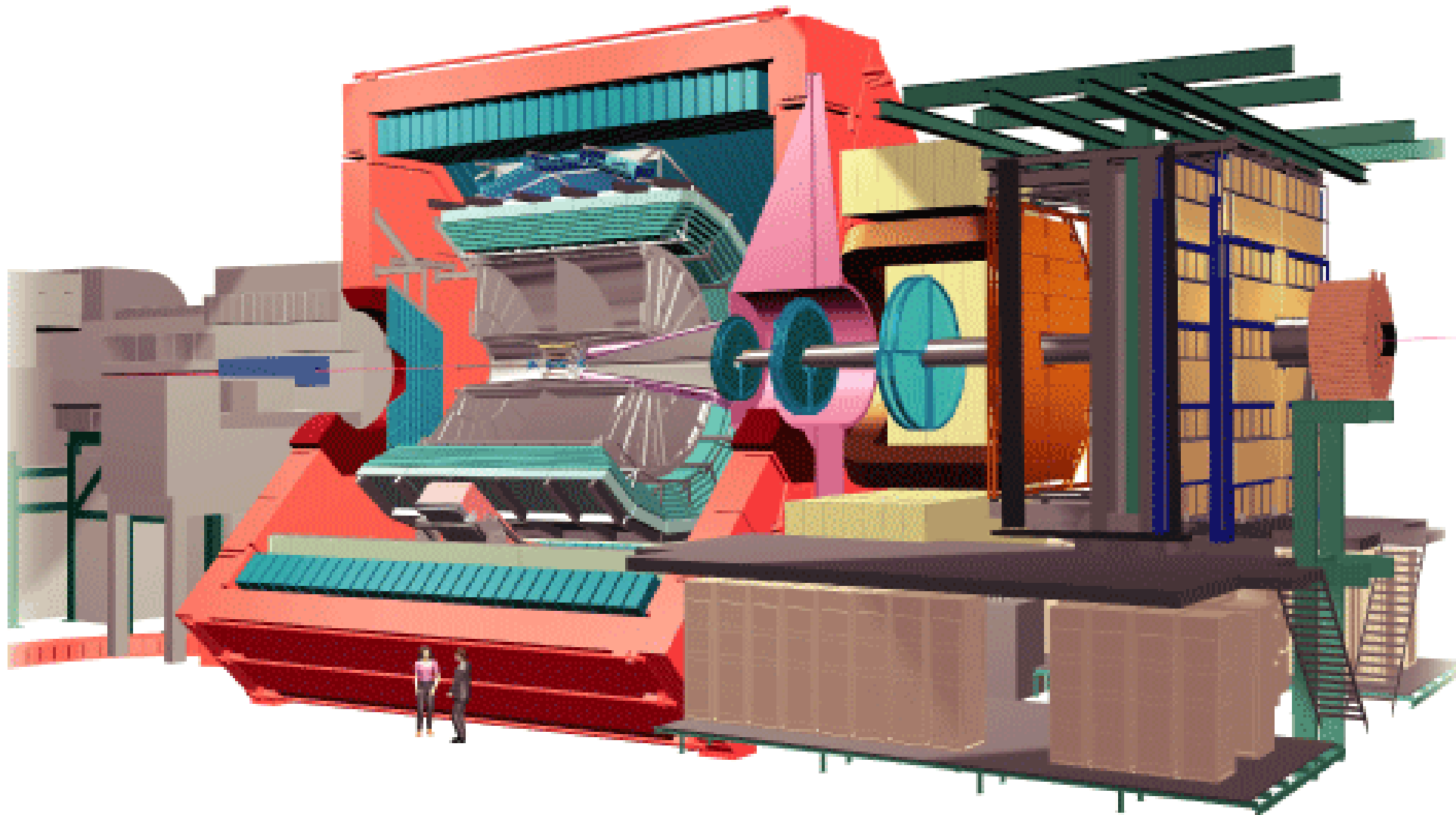


Előadásvázlat

- **Motiváció**
 - **ALICE** és részecskeazonosítás
 - **VHMPID**
 - **HPTD**
- **Tesztkamra**
- **Tesztnyaláb mérések**

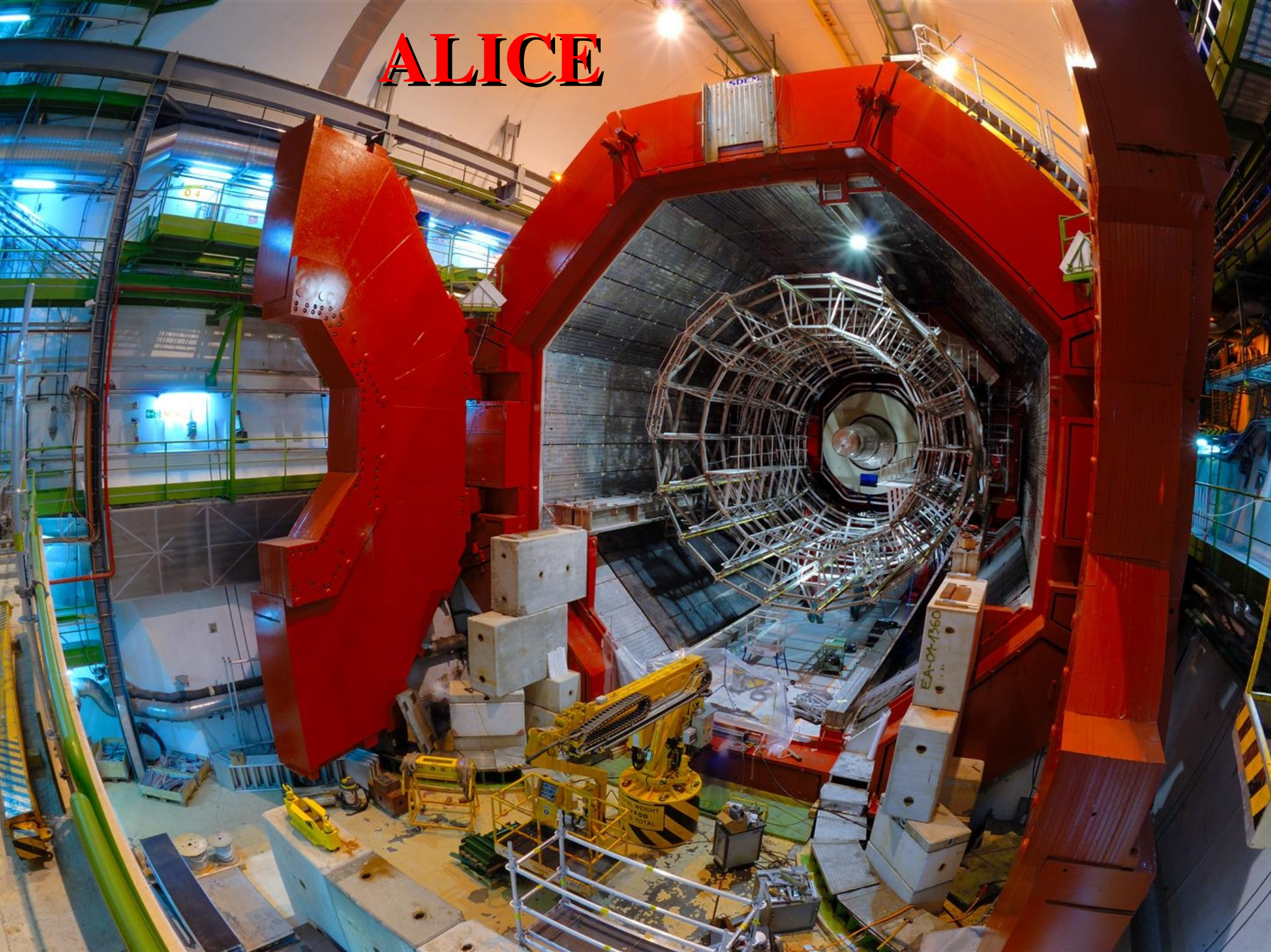
Az **ALICE** kísérlet

(A Large Ion Collider Experiment)

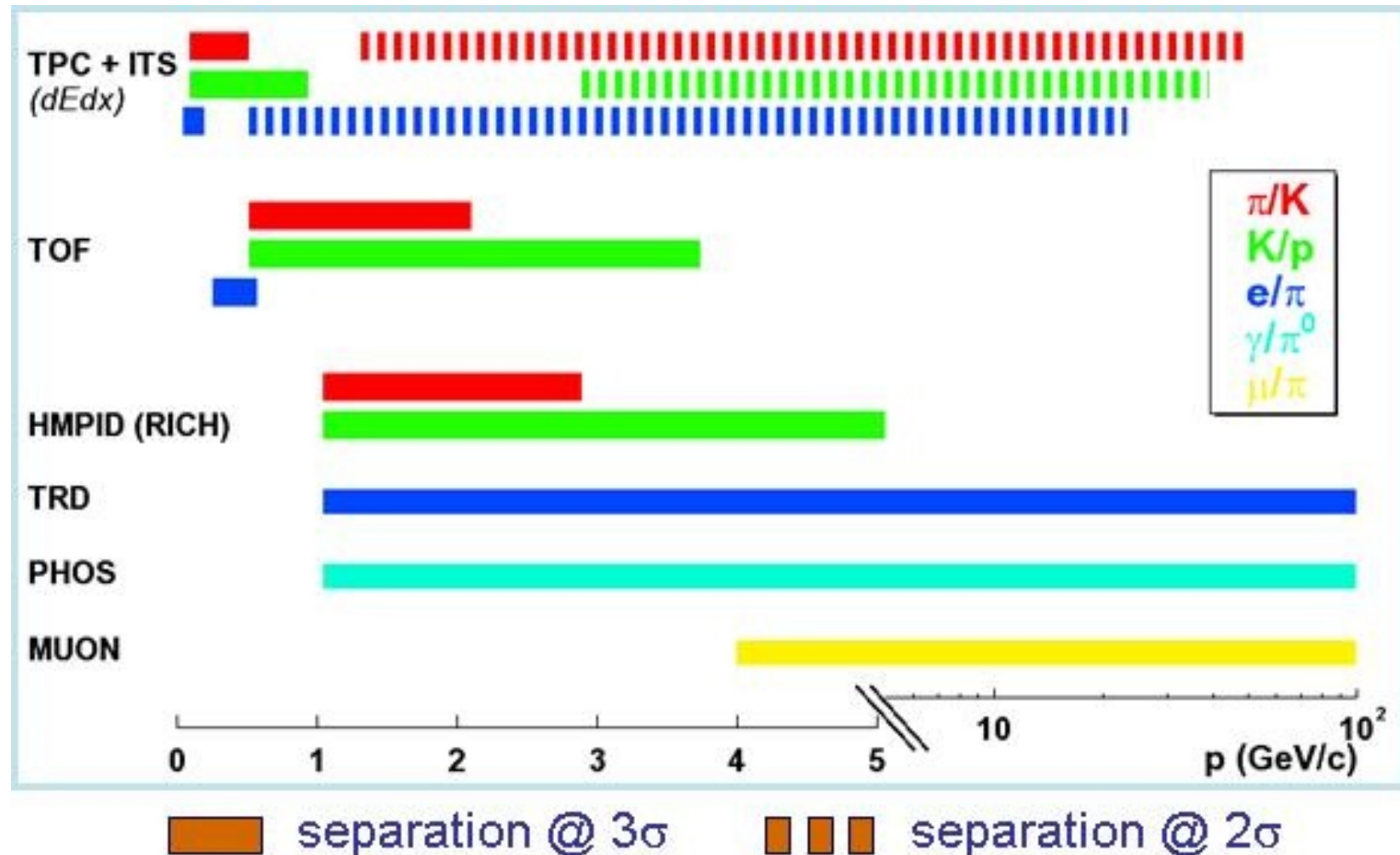


ITS, TPC, TRD, TOF, Muon Arm, ZDC, V0, T0,
HMPID, EMCal, PHOS, VHMPID?

ALICE



Részecskeazonosítás az **ALICE** kísérletben

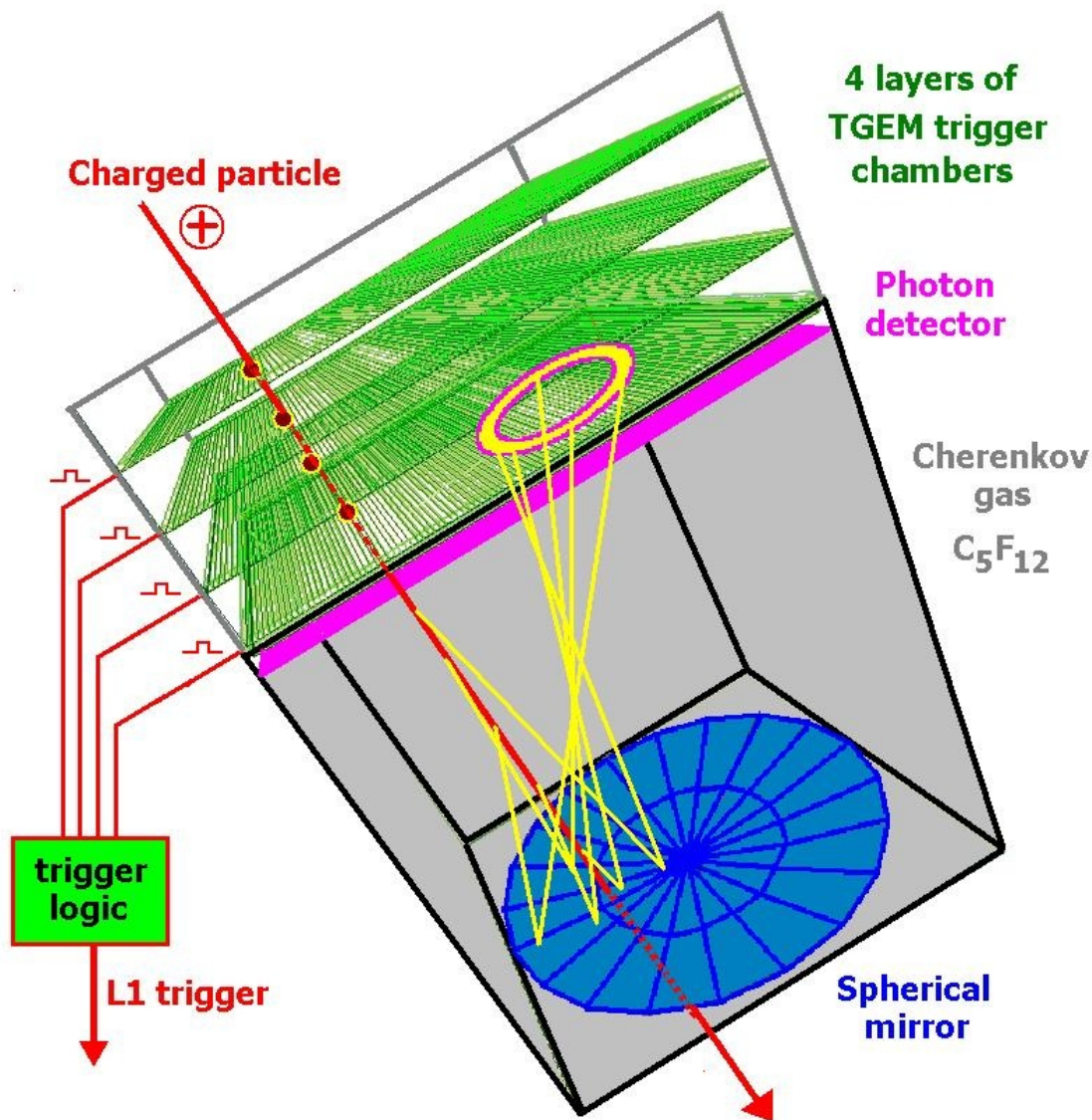


VHMPID: π, K, p szétválogatás $5 \text{ GeV} < p_T < 15 \text{ GeV}$

Fizikai motiváció

- π , K, p hozam az $5 \text{ GeV} < p_T < 20 \text{ GeV}$
 - Proton/pion anomália ($\sim$ RHIC)
 - Részecskeprodukciós mechanizmusok vizsgálata
 - FF (Fragmentációs Függvény) erősen kölcsönható anyagban
 - Jetek energiavesztesége, ízfüggés
 - Nagy p_T D- és B-mezon illetve Λ_c , Λ_b -barion rekonstrukció
- Near-side hadron-hadron korreláció
 - Barion-mezon (π -p) és p-p korreláció ($\sim$ RHIC)
 - Di- and Multihadron FF ($D_{BM} \stackrel{?}{=} D_B * D_M$; $D_B * D_{aB} \dots$)
 - Jetek: térfogati vagy felületi effektusok?
- Más speciális detektorokkal való együttműködés
 - Near-side foton-hadron korrelációk : PHOS
 - Away-side jet-foton korrelációk : EMCAL

VHMPID az ALICE kísérletben

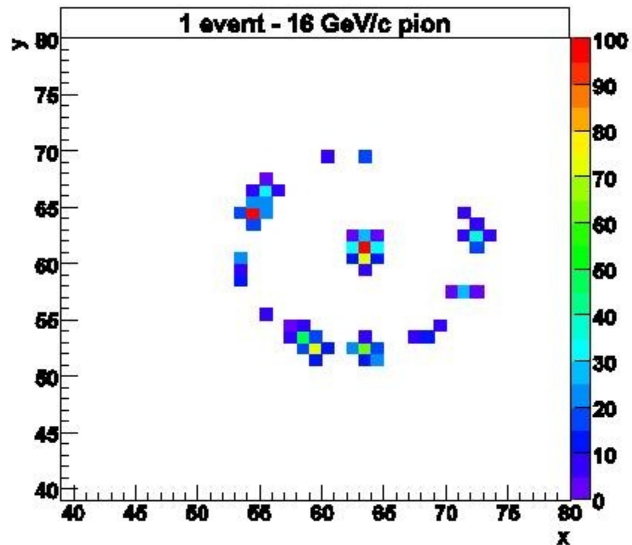


- Esemény szintű analízis
- Részecskeazonosítás:
 $5 < p_T < 20 \text{ GeV}/c$
- Cserenkov-sugárzáshoz:
megfelelő gáz: C_5F_{12}
- Tükör -> köröket kell azonosítani
- L1-es triggerre van szükség ($5 \mu s$)

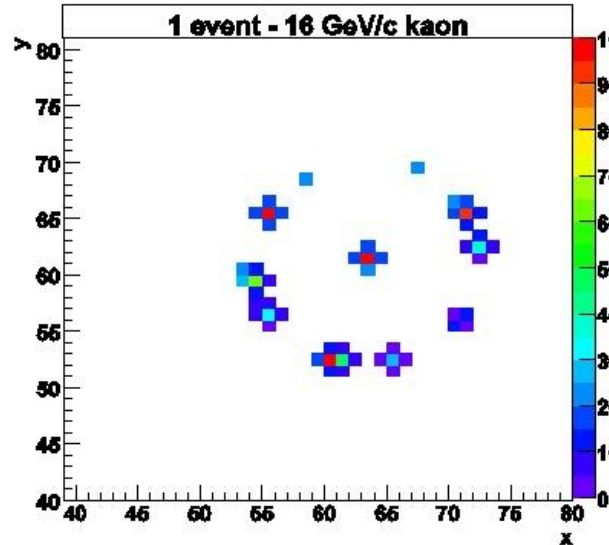
Very High Momentum Particle Identification Detector
(Nagyon nagy impulzusú részecskeazonosító detektor)

Jelek a VHMPID detektorban

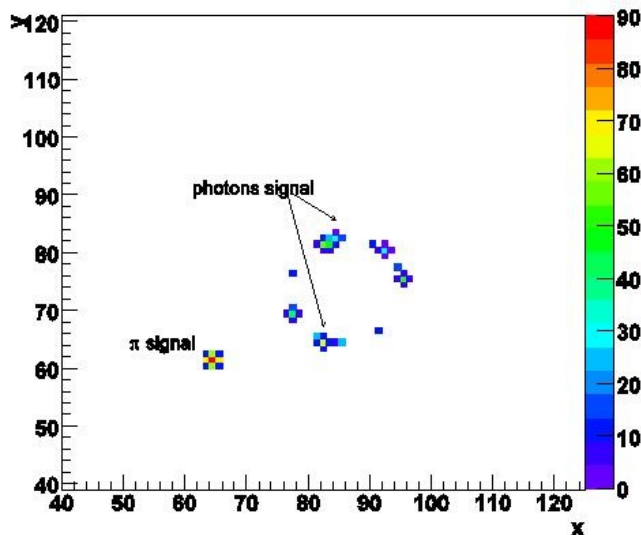
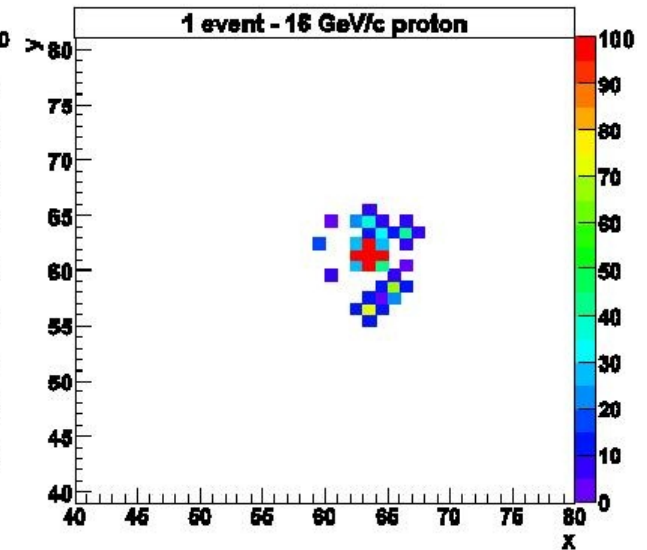
pion



kaon



proton



Gömbtükör alkalmazása ->

a fotonok egy kör mentén érkeznek ->

- Átmérő mérhető
- Pontosabb azonosítás
- Használhatóak a korábbi (HMPID) rekonstrukciós módszerek

ALICE események számlálása

Évente 1 hónap Pb+Pb ütközés => 1 millió másodperc

Egy esemény (ütközés) 86 MB, de kiírás: 1.5 GB / sec

Másodpercenként 8000 ütközés, de csak 20-at tudunk elmenteni

Melyik legyen a 20 kiválasztott esemény ?

Melyik esemény érdekes?

Gyors, nagy energiájú töltött részecskék jelennek meg

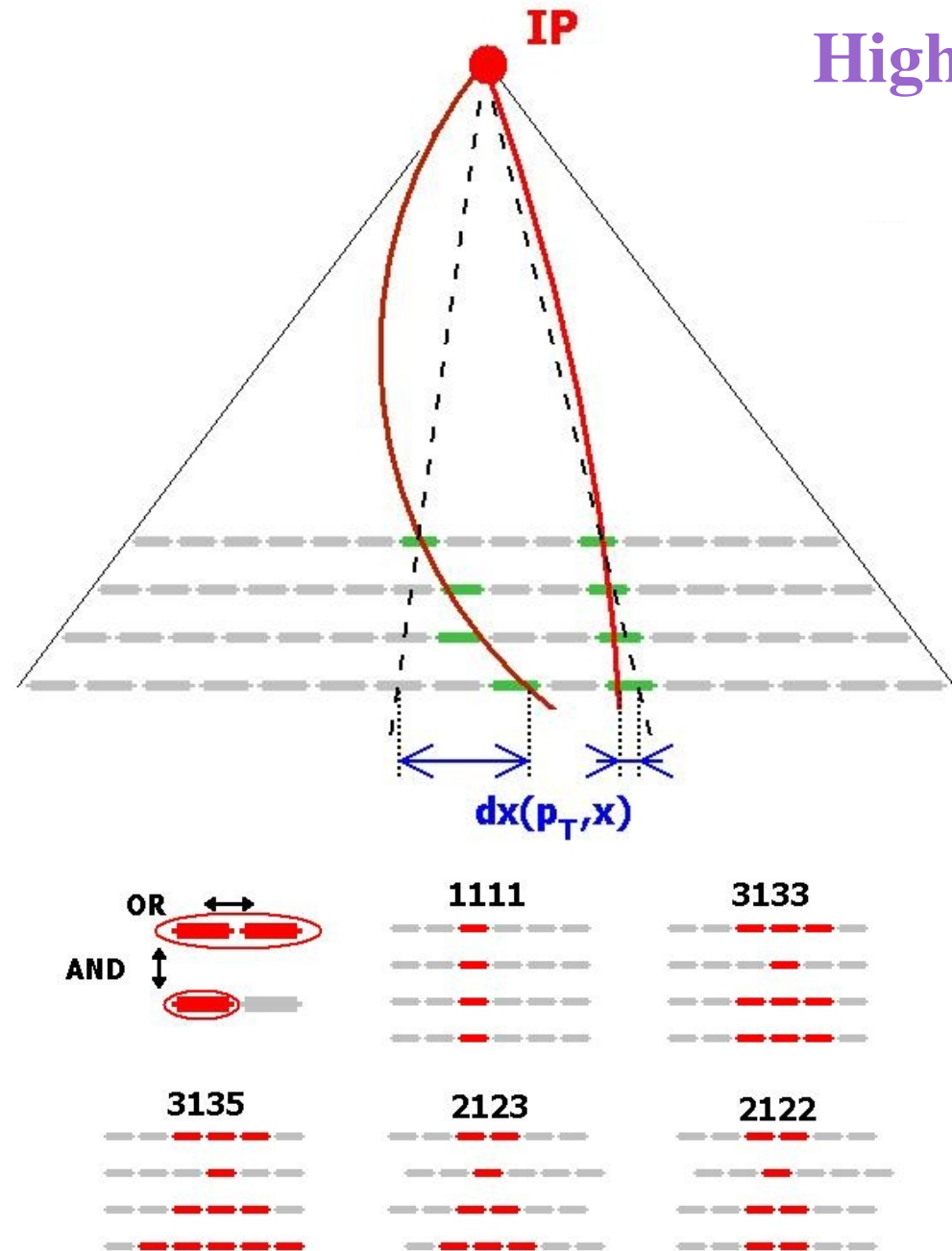
=> Hírvivők a kvark-gluon plazma tulajdonságairól

A megfelelő **L1** szintű triggerrel **40**-szeresre növelhető

a begyűjtött érdekes események száma !

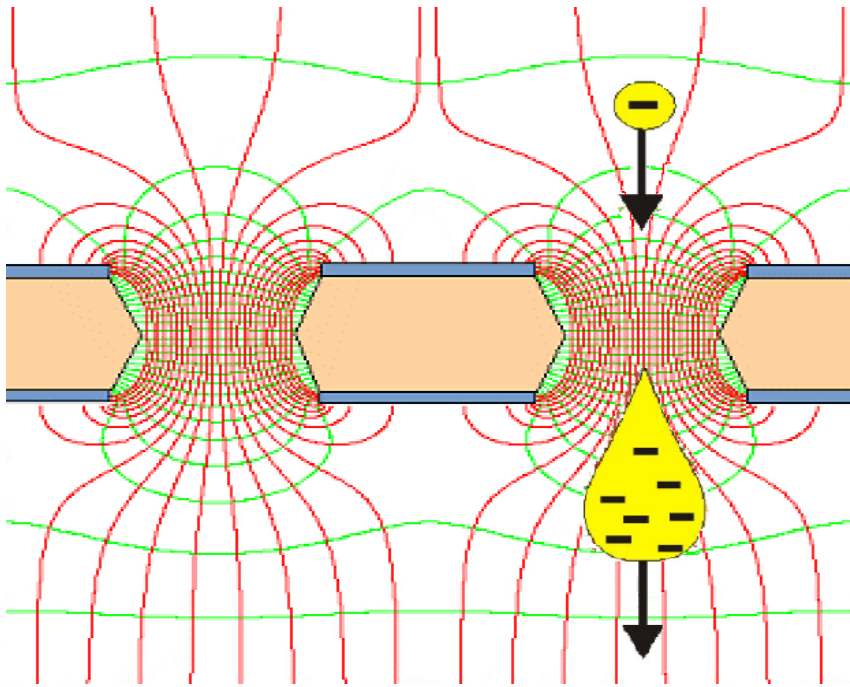
HPTD az ALICE kísérletben

High P_T Trigger Detector



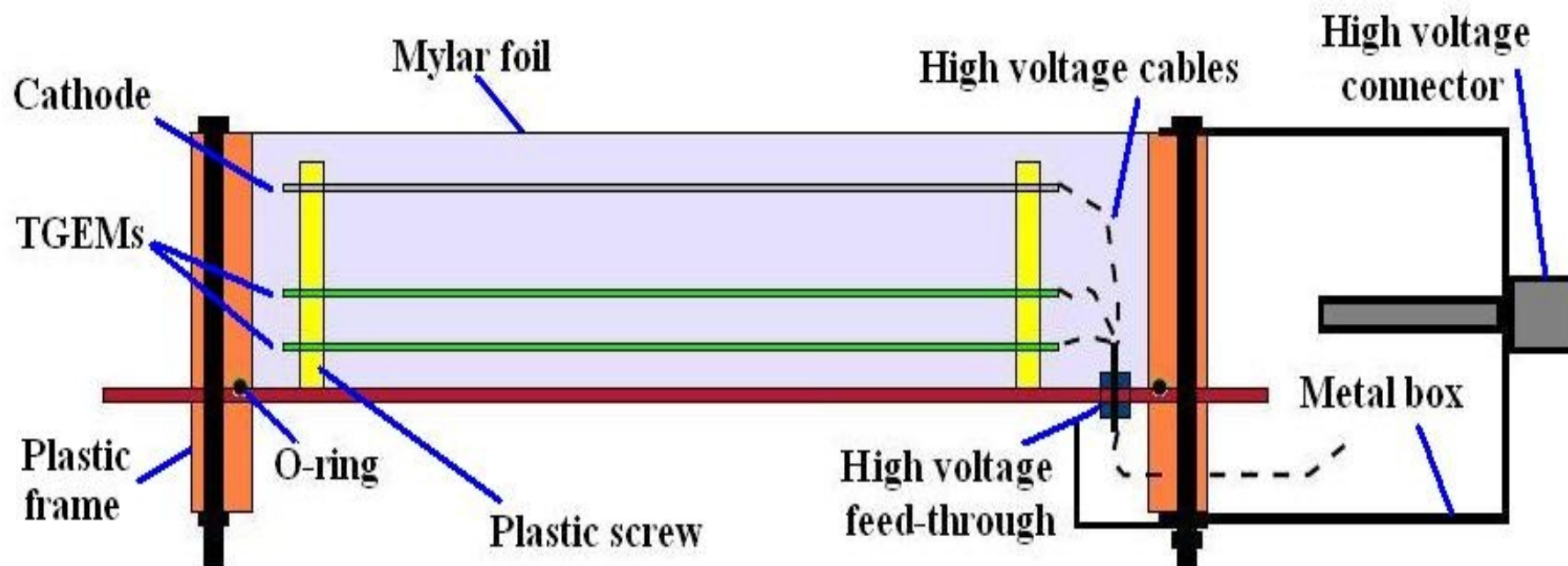
- Mágneses térben való elgörbülés mérése
- Jó helyfelbontás a görbülés irányában
- Pad-méret optimalizálása szimulációval (AliROOT) (2-5 mm)
- Egyszerű logikai rendszer (pl.: FPGA)
- Követelmények:
 - nagy granularitás ($pads < 2cm^2$)
 - részecskepályák szétválaszthatósága₁₀
 - nincs szükség amplitúdó mérésre

Gáz-elektron sokszorozók



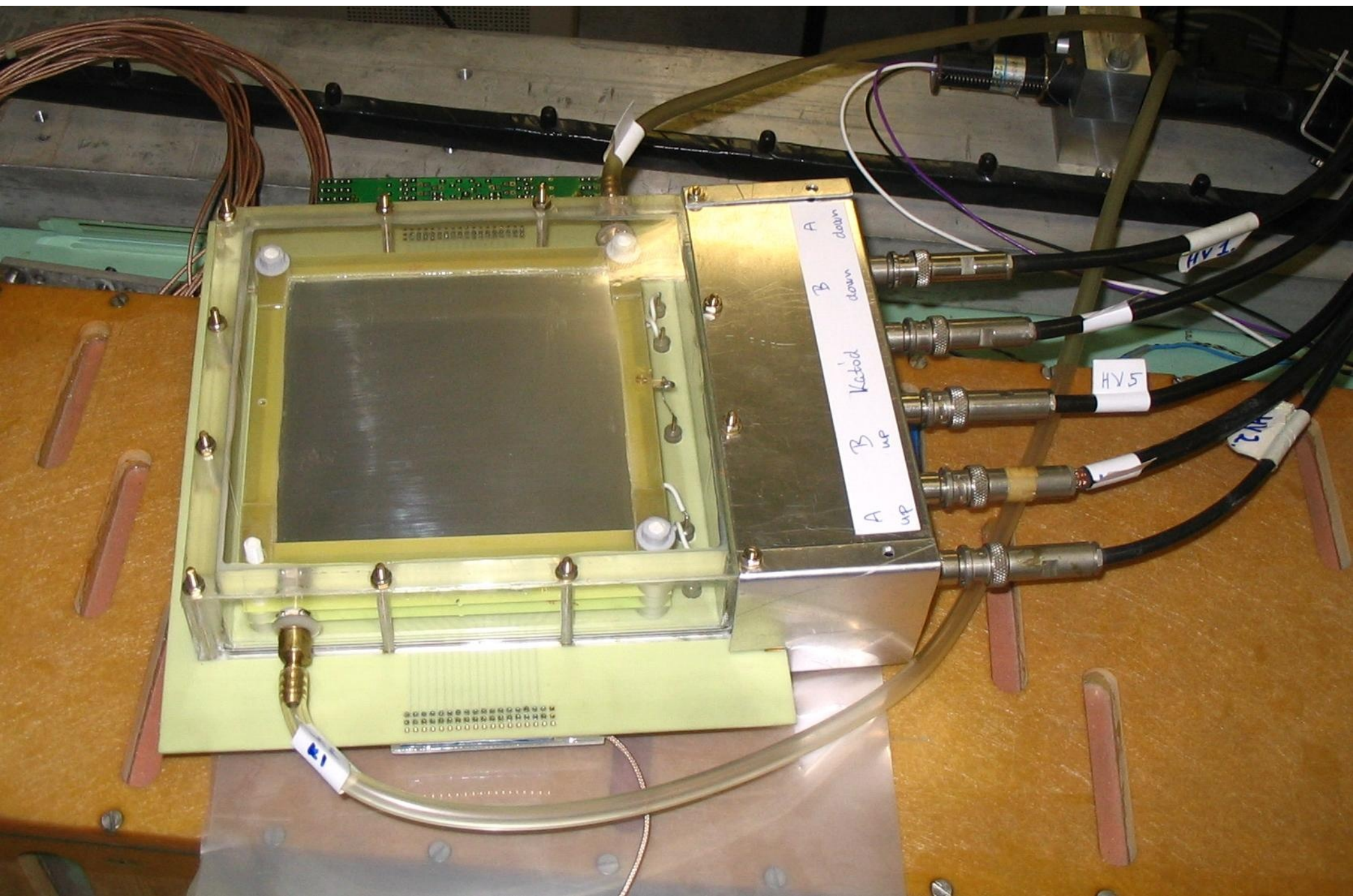
- **GEM**
(**Gas Electron Multiplier**)
 - Apró lyukakkal sűrűn teletűzdelt rézborítású fólia ($\sim 50\mu\text{m}$)
 - Feszültség hatására nagy térerősség a lyukakban $\Rightarrow$ elektronsokszorzás: $\sim 10\text{-}100$
- **Vastag GEM (TGEM), Ellenálló GEM (ReTGEM) ($\sim 600\mu\text{m}$)**
szikratűrő, nem igényel tisztaszobát
- **alkalmazások: sokszálas kamrák helyett, részecskefizikai detektorok, orvosi technológia, reaktorfizika**

Tesztkamra

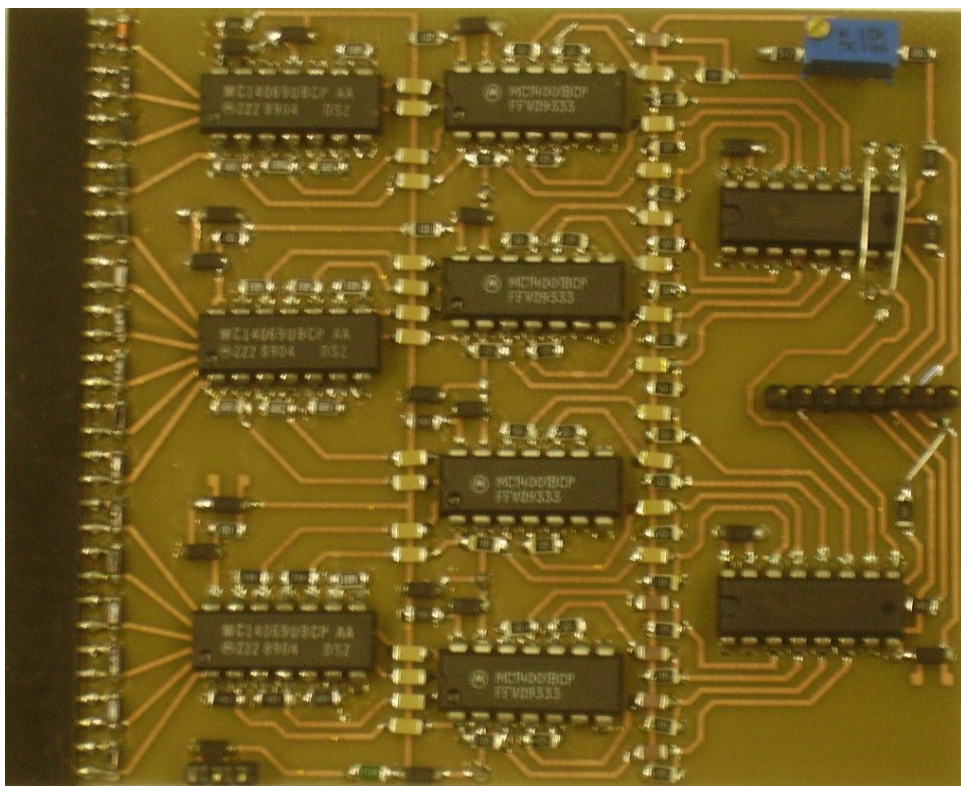


- **TGEM** mérete: 10cm x 10cm, (készült: CERN)
vastagsága: 0.4mm, lyukátmérő: 0.3mm, lyuktávolság: 0.6mm
- $E_{\text{drift}}=0.5 \text{ kV/cm}$, $E_{\text{transfer}}=2.5 \text{ kV/cm}$, $E_{\text{extract}}=5 \text{ kV/cm}$
- Pad-kiolvasás, vastagság: 2.5 ill. 5.0 mm; hossz: 50 mm
- Gáz : Ar/CO₂ : 80%/20%, 90%/10%, 95%/5%

Tesztkamra



Elektronika



- Elektronikai fejlesztések nagyobbbrészt az ELTE-n.
 - Sztenderd CMOS IC-kkel.
 - Tesztmérésre használt:
 - 16 csatorna
 - Előerősítő + erősítő
 - Diszkriminátor (1bit/channel)
 - Multiplexelt kimenet
-
- Csatornénként:
 - 20pF input (pad) kapacitás, 600ns integrációs idő
 - teljes zaj $<10^4$ elektron

Tesztnyaláb

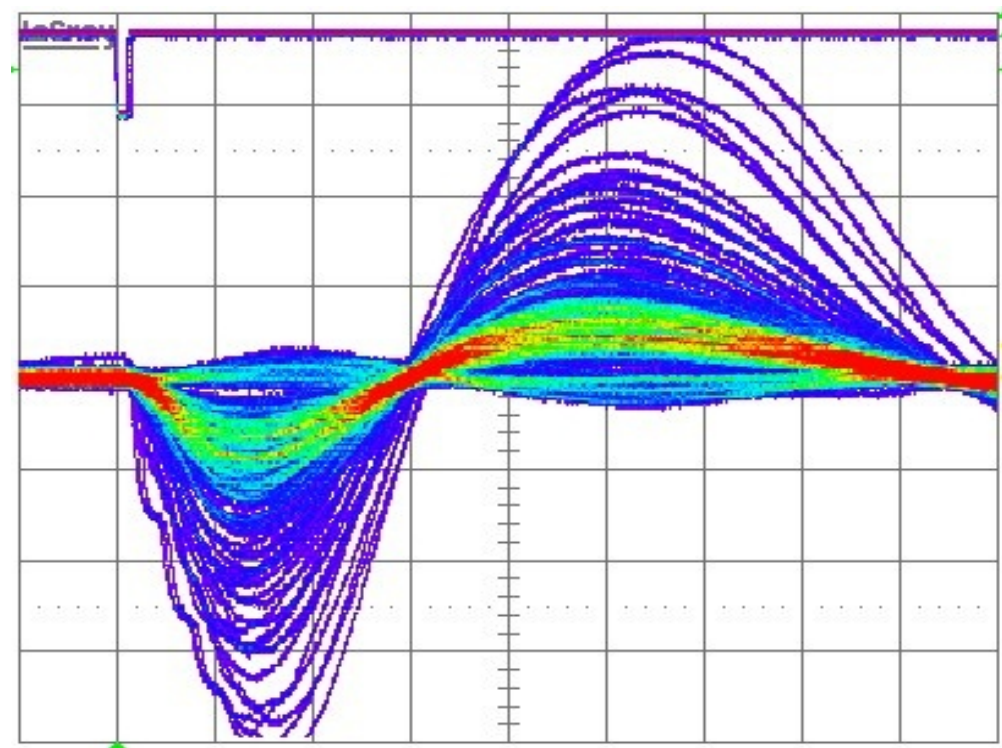
CERN PS nyaláb



Fontosabb vizsgálatok

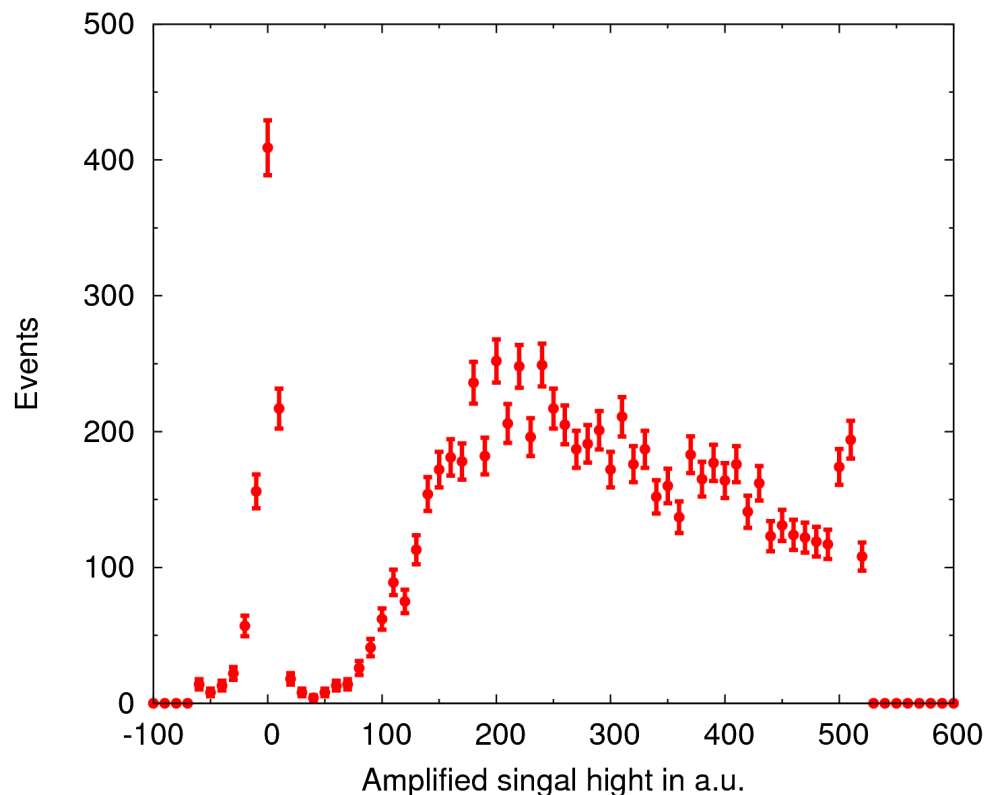
- **Analóg vs. 1 bitre digitalizált multiplexelt kimenet**
- **Küszöbszintfüggés az 1 bites digitális kimenethez**
- **Szomszédos pad-ek közötti áthallás**
- **Kamra nagyfeszültségének optimalizálása**
- **Szögfüggés vizsgálata**
- **Abszorber előtét (5mm Al .. 25mm Pb)**
- **Szíkrazás tanulmányozása (beütésszám- ill. feszültségfüggés)**
- **Gázkeverékek (gáz: Ar és CO₂ 20%,10%,5%)**

Analóg jelek

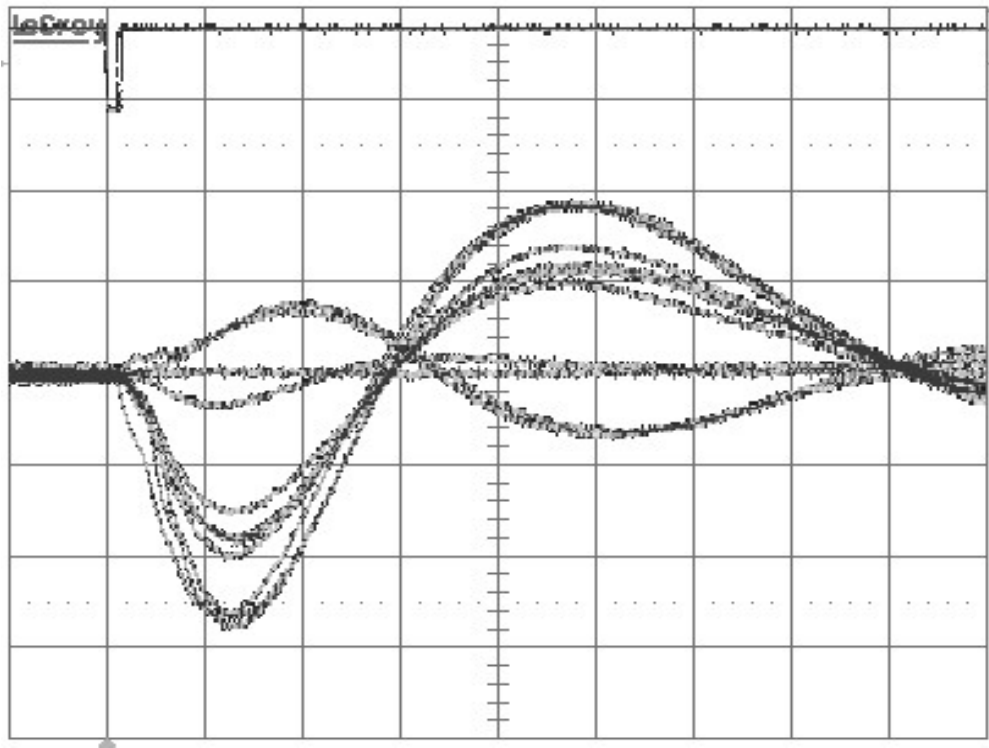


- **Zaj + Landau-eloszlás**
- **Kis dinamikai tartományra van csak szükség**

- **Előerősített jelek az analóg kiolvasó elektronikáról**
- **A jel és a zaj szétválasztható**



Korrelációk, áthallások

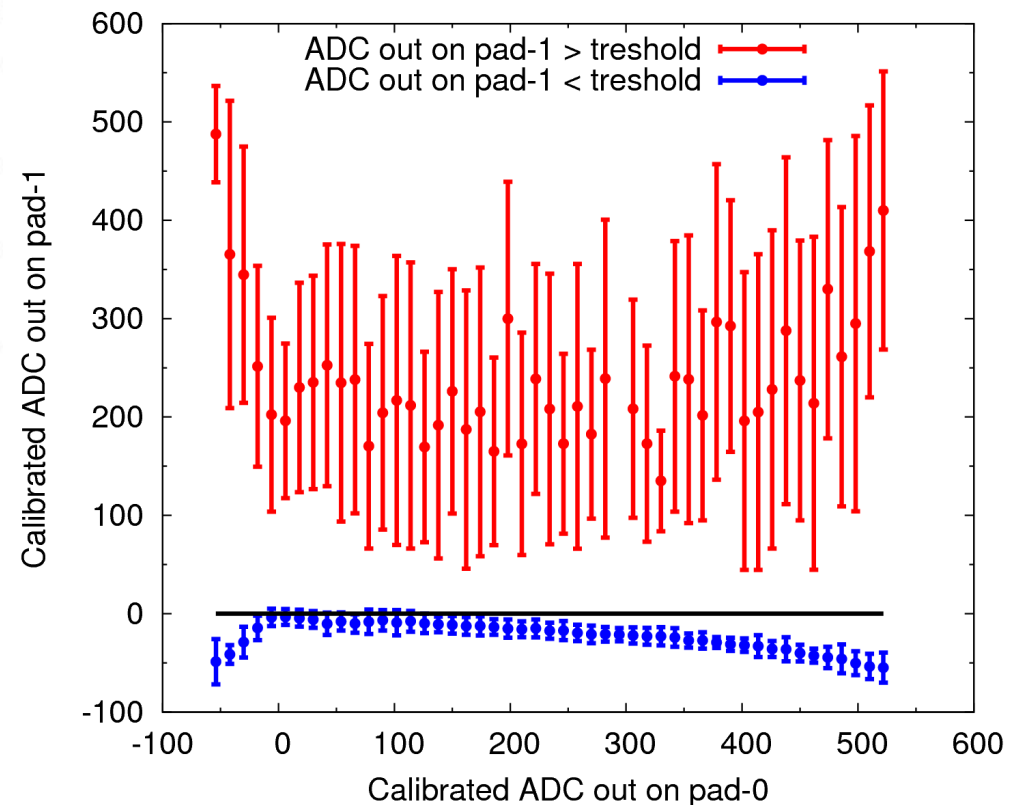


Negatív korreláció:

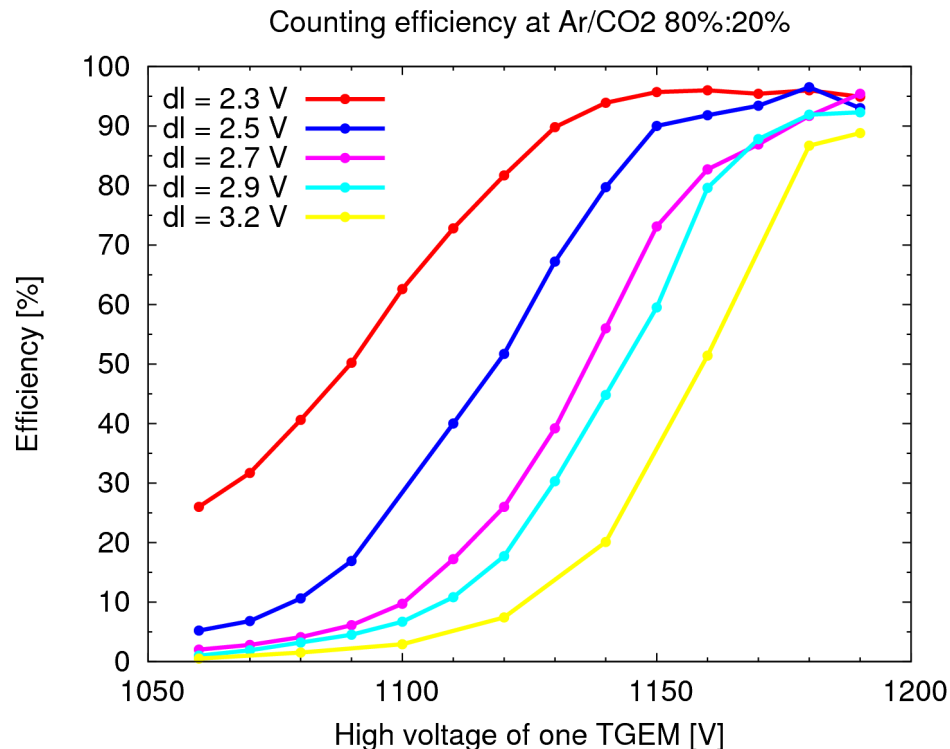
- Pad-ek közötti kapacitív csatolásból (mérhető)

Pozitív korreláció:

- Az elektronfelhő több pad-re is szétterjed

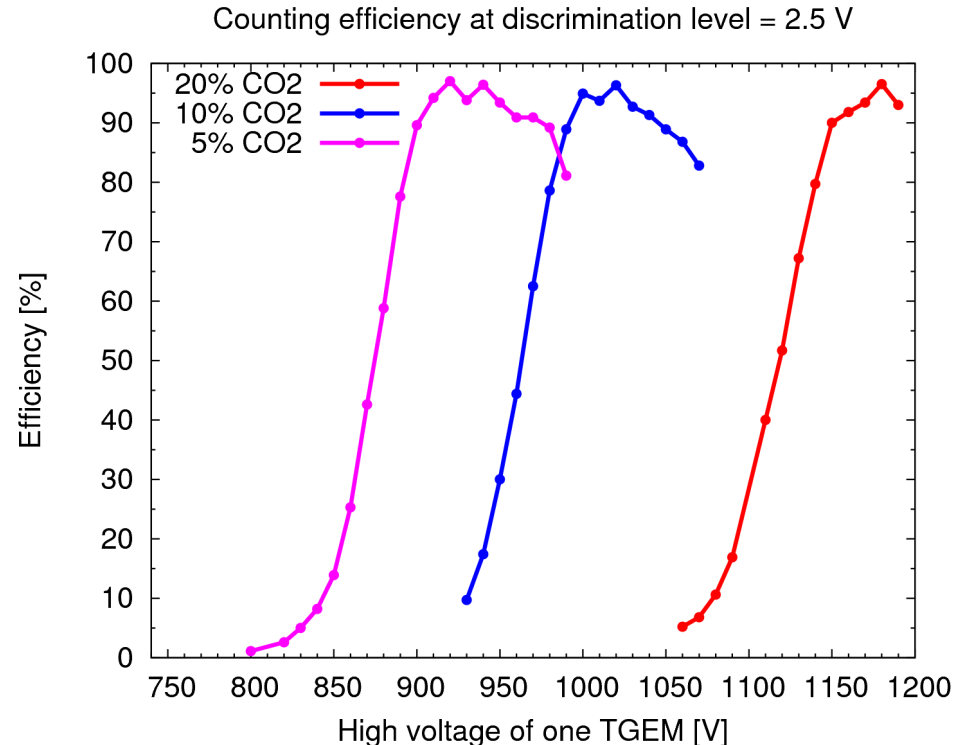


Hatásfok



- **Maximális hatásfok már $2 \cdot 10^3$ -os gázerősítésnél**
- **Diszkriminációs szint beállítható**

- **Hatásfok görbék különböző gázkeverékeknél**
- **Túl nagy feszültségeknél megjelennek a szikrák**

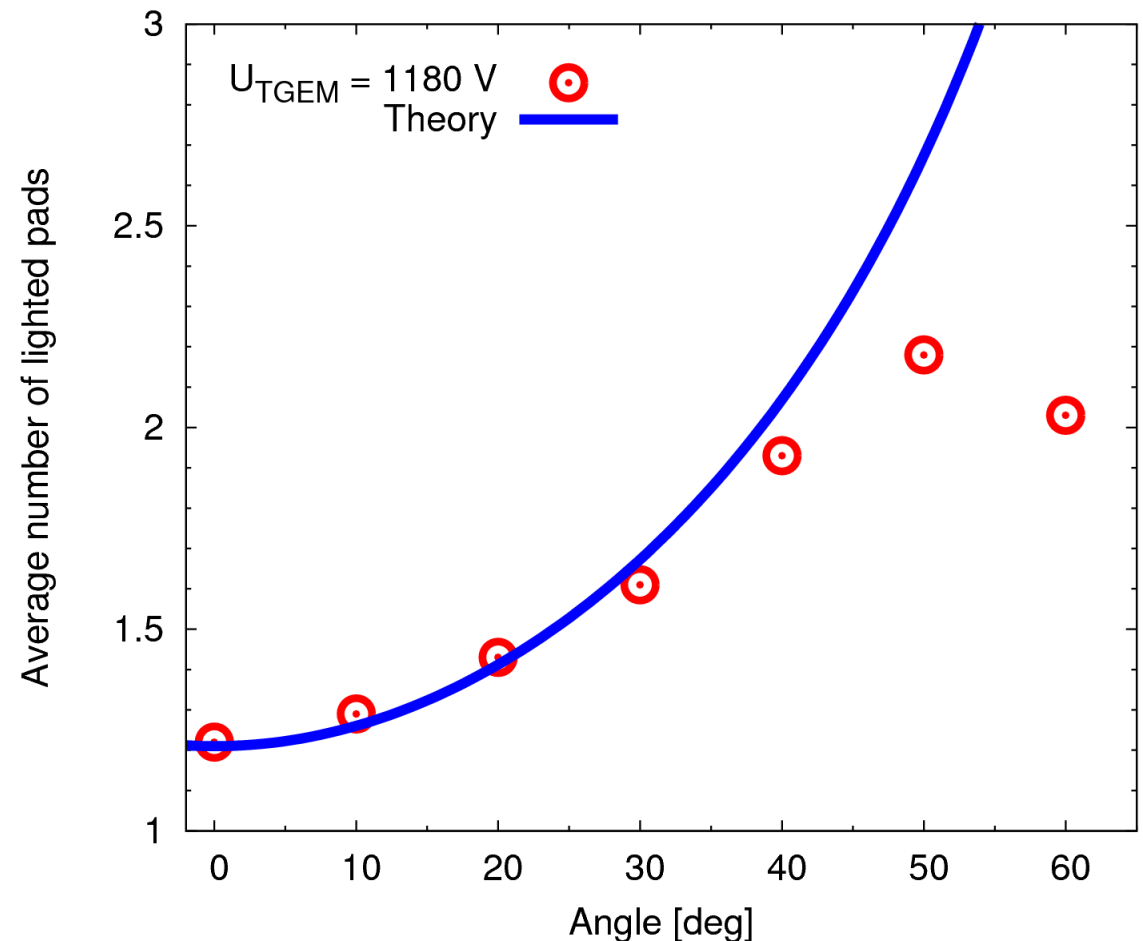
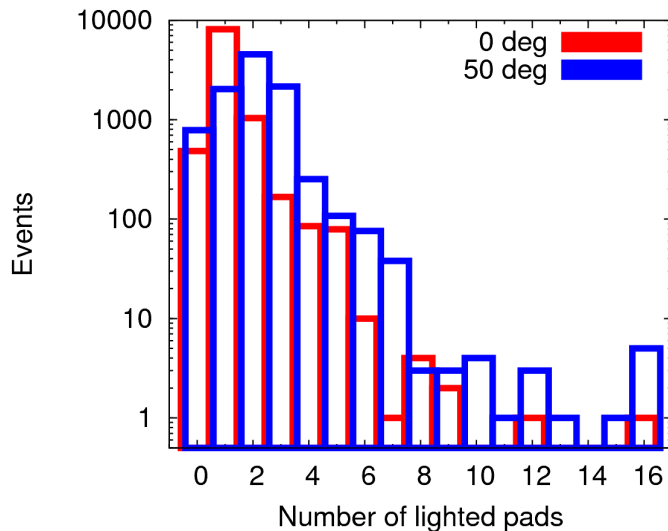


Szögfüggés

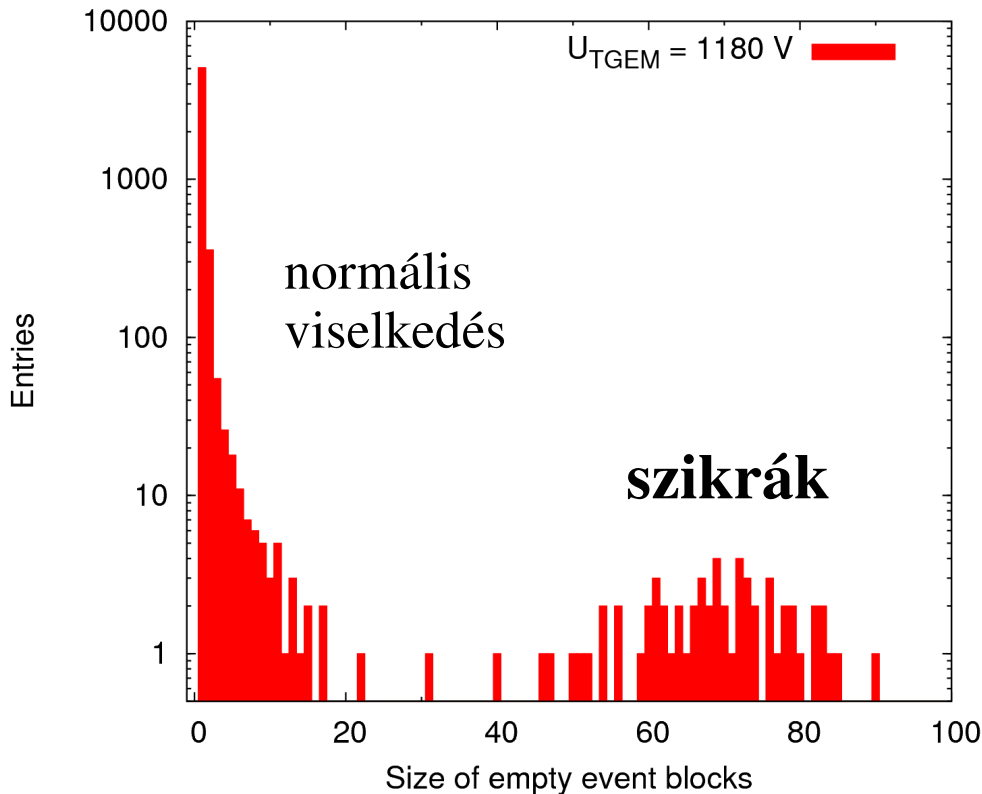
- **Kis szögeknél, tökéletes detektálás esetén:**

$$\langle n \rangle_{\alpha}^2 = \langle n \rangle_0^2 + (2 * \tan \alpha)^2$$

- **Nagy szögeknél**
 - $\Delta E/\text{pad}$ csökken
 - **hatásfok csökken**

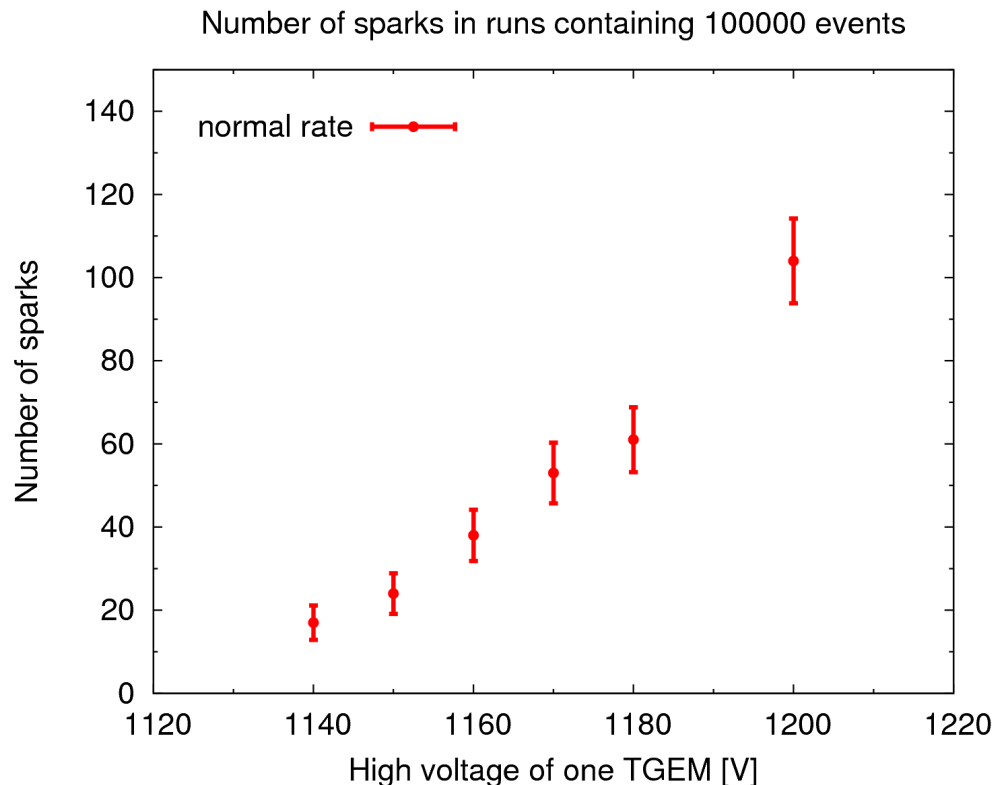


Szikrázások

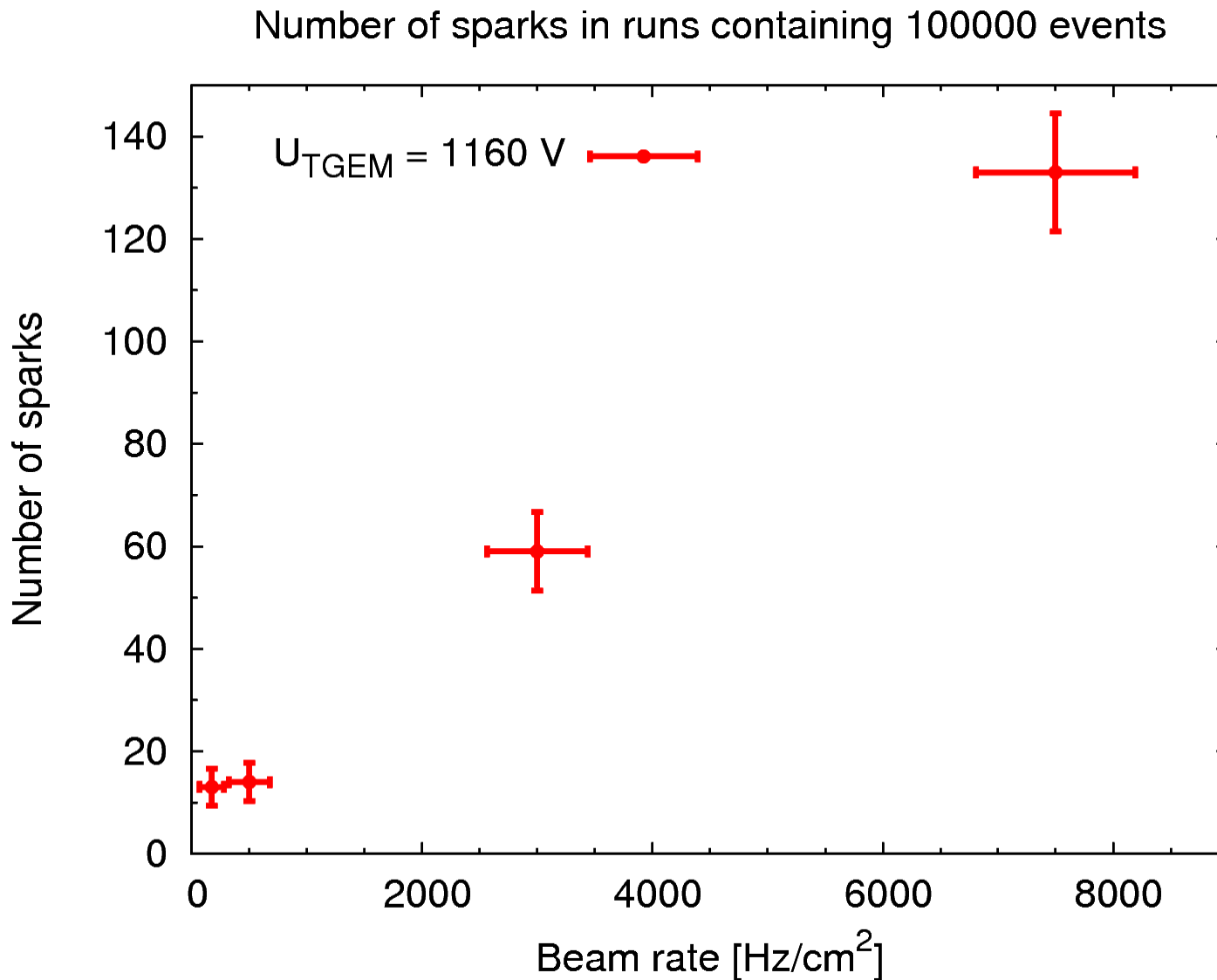


- A szikrázási valószínűség nő az alkalmazott feszültséggel (erősítéssel)

- “Offline” szikradetektálás: szikrázások alkalmával hosszabb ideig “leáll” a kamra

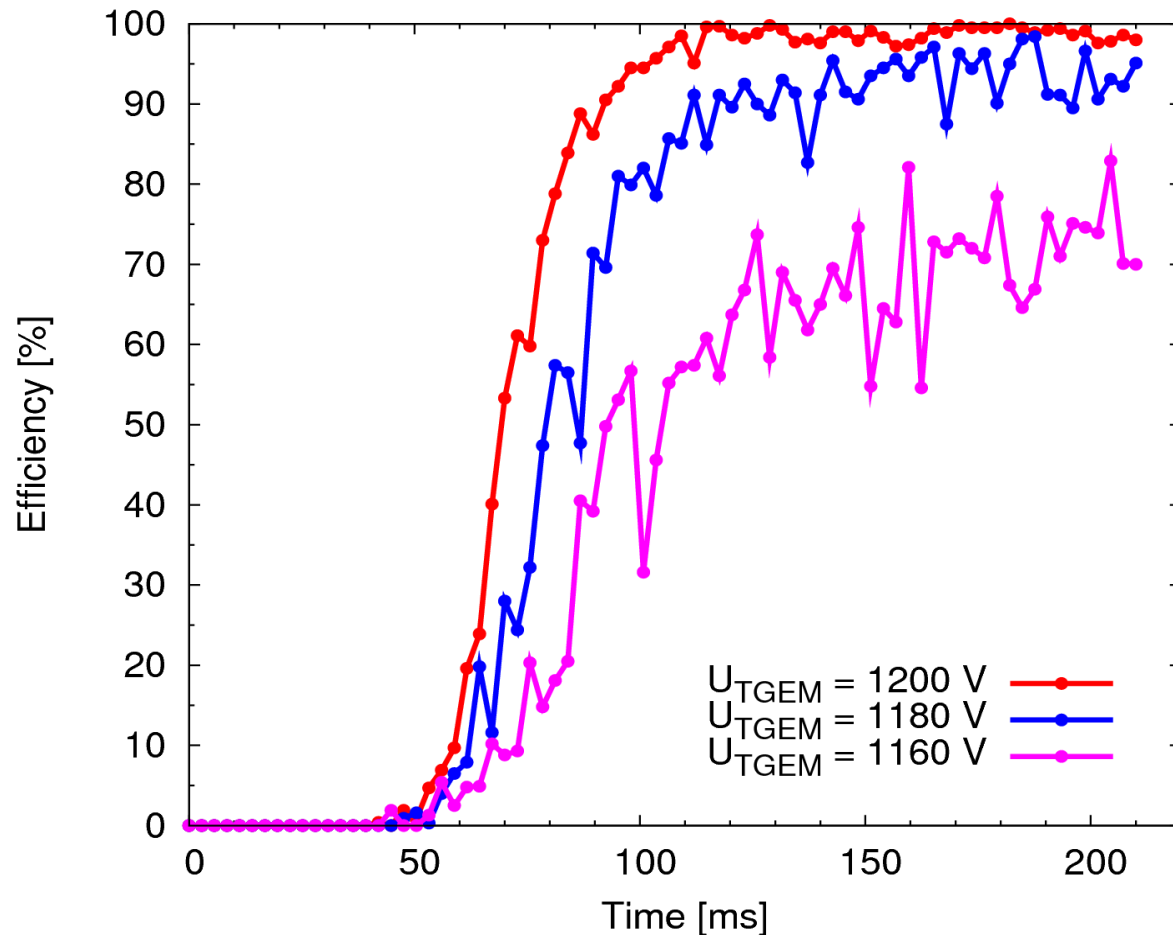


Szikrázások



A szikrázási valószínűség arányos a beütésszámmal

Szikrázás utáni felépülés



- $\sim 10 \text{ M Ohms}$ ellenállásháló, TGEM-enként
 $\sim 1 \text{ nF}$ kapacitás $\Rightarrow 10 \text{ ms}$ időskála
- **teljes felépülési idő kb. 100 ms**

Összefoglalás

- Az **ALICE** kísérletnek szüksége van a **VHMPID** detektorra
- **L1** trigger szükséges : új trigger detektor : **HPTD**
- **HPTD** proto 1 : **TGEM** alapú gáztöltésű kamra
- **Tesztkamra** jól szerepelt a nyaláb méréseke
 $2 \cdot 10^3$ gázerősítés, 97% hatásfok, kis áthallás
- **Szinkronizációs** tulajdonságok mérhetőek
erős beütésszám és feszültség függés, 100ms felépülési idő
- Az új, **CCC** alapú, többrétegű **HPTD** prototípust a CERNben 2009 novemberében fogjuk tesztelni²⁴